

# **De fysiologische basis voor de minimale onbestendig eiwit balans in melkveerantsoenen**

A.M. van Vuuren (ID TNO Diervoeding)  
S. Tamminga (Leerstoelgroep Diervoeding, Wageningen Universiteit)

CVB-documentatierapport nr. 28  
mei 2001

Centraal Veevoederbureau  
Postbus 2176  
8203 AD Lelystad  
Telefoon 0320 – 29 32 11  
Telefax 0320 – 2935 38  
[cvb@pdv.nl](mailto:cvb@pdv.nl)

© **Centraal Veevoederbureau 2001**

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, tenzij dan na schriftelijke toestemming van het Centraal Veevoederbureau.

Deze uitgave is met zorg samengesteld; het Centraal Veevoederbureau kan echter op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de gevolgen van het gebruik van de gegevens uit deze publicatie.

## Inhoud

|   | Pag. |
|---|------|
| VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN .....       | 4    |
| VOORWOORD .....                                     | 5    |
| 1. INLEIDING .....                                  | 7    |
| 2. STIKSTOFSTROMEN IN DE PENS .....                 | 9    |
| 2.1 Voer .....                                      | 9    |
| 2.2 Speeksel .....                                  | 9    |
| 2.3 Ureumflux via de penswand .....                 | 10   |
| 2.3 Totale ureumtoevoer naar de voormagen .....     | 11   |
| 2.4 Schommelingen in ureumtoevoer over de dag ..... | 12   |
| 3. ADEQUATE STIKSTOFVOORZIENING PENSBACTERIËN ..... | 13   |
| 3.1 Ammoniakgehalte in de pens .....                | 13   |
| 3.2 Stikstofaanbod voor pensbacteriën .....         | 13   |
| 3.3 Schommelingen over de dag .....                 | 14   |
| 4. VOERREGIEM EN OEB-NIVEAU .....                   | 17   |
| 5. CONCLUSIE .....                                  | 19   |
| 6. GERAADPLEEGDE LITERATUUR .....                   | 20   |

## VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN

| Afkorting   | Eenheid | Omschrijving   |
|-------------|---------|--|
| AFRC        |         | Agricultural and Food Research Council (Verenigd Koninkrijk)         |
| a.p.        |         | <i>ante partum</i> = voor het kalven                                 |
| ARC         |         | Agricultural Research Council (Verenigd Koninkrijk)                  |
| BE          | MJ      | bruto energie  |
| CVB         |         | Centraal Veevoederbureau (Nederland)                                 |
| DLG         |         | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Duitsland)                    |
| DS          | kg      | droge stof   |
| DVE         | g       | darmverteerbaar eiwit  |
| FOS         | g       | fermenteerbare organische stof                                       |
| INRA        |         | Institut National de la Recherche Agronomique (Frankrijk)            |
| $k_L$       |         | $NE_L / ME$  |
| $k_m$       |         | $NE_m / ME$  |
| $k_{preg}$  |         | $NE_{preg} / ME$   |
| LG          | kg      | lichaamsgewicht  |
| ME          | MJ      | metaboliseerbare energie   |
| NE          | MJ      | netto energie  |
| $NE_m$      | MJ      | netto energie voor onderhoud   |
| $NE_L$      | MJ      | netto energie voor lactatie  |
| $NE_{preg}$ | MJ      | netto energie voor dracht  |
| NRC         |         | National Research Council (Verenigde Staten)                         |
| OEB         | g       | onbestendig eiwit balans   |
| PDI         | g       | protéines digestibles dans l'intestin (Frans eiwitwaarderingsysteem) |
| PR          |         | Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad              |
| q           | %       | quality = $ME / GE \times 100\%$                                     |
| RE          | g       | ruw eiwit  |
| VCOS        | %       | verteerbaarheidscoëfficiënt van de organische stof                   |
| VEM         |         | Voeder Eenheid Melkvee   |

## VOORWOORD

Sinds de invoering van het DVE / OEB systeem in 1991 is er, zowel door de veevoederindustrie, als ook in de vakpers en in verschillende onderzoeksrapporten, frequent aandacht gegeven aan de vraag hoe laag de OEB waarde van een melkveerantsoen zou mogen zijn zonder dat dit negatieve effecten op de melk(eiwit)productie zou hebben.

In het DVE/OEB systeem, zoals dat door het Centraal Veevoederbureau (CVB) is gepubliceerd (CVB-reeks nr. 7, 1991), wordt wat dit betreft gesteld dat “de OEB van het rantsoen niet negatief mag zijn, en zo klein mogelijk moet zijn om stikstof verliezen te beperken.”

Na verschillende discussies in de CVB-werkgroep Voeding Herkauwers en Paarden (VHP) over dit onderwerp, is besloten een literatuurstudie te laten uitvoeren, om na te gaan in hoeverre er wetenschappelijke argumenten zijn voor het –in de praktijk vaak gegeven- advies om op rantsoenbasis een OEB van (minimaal) 300 g per dier per dag aan te houden.

Genoemde literatuurstudie is uitgevoerd door de heren Van Vuuren en Tamminga, beiden lid van de werkgroep.

De conceptstudie is in de eerste helft van 2000 door de werkgroep VHP besproken. Op dat moment maakte ook de heer Ir. W. Kuperus namens Nevedi nog deel uit van deze werkgroep. De toen naar voren gekomen commentaren zijn verwerkt, en hebben geleid tot het accorderen van de literatuurstudie door de werkgroep aan het einde van 2000. Het was ook een van de laatste werkzaamheden van de werkgroep VHP, die inmiddels is opgeheven. Daarna zijn er, in overleg tussen de auteurs en het CVB-secretariaat nog een aantal redactionele aanpassingen doorgevoerd. Door onvoorziene omstandigheden heeft de oplevering van deze studie langer geduurd dan was voorzien.

In de literatuurstudie is, meer dan in de verschillende publicaties die tot nu toe verschenen zijn, vooral ook aandacht gegeven aan de vraag in hoeverre de recycling van stikstof in de koe zou kunnen bijdragen aan de N-voorziening van de pensmicroben.

Op grond van de beschikbare literatuurgegevens wordt geconcludeerd dat er geen redenen zijn tot aanpassing van het OEB advies, zoals dat bij de invoering van het DVE / OEB systeem is gegeven. Wel wordt aanvullend geadviseerd per maaltijd te streven naar een OEB-waarde van 0.

Met deze conclusie, die is gebaseerd op een inventarisatie en evaluatie van de relevante literatuurgegevens, meent het CVB een aanvullende bijdrage te hebben geleverd aan het optimaliseren van de N-benutting door melkvee.

Namens het CVB

Dr. M. C. Blok  
Hoofd

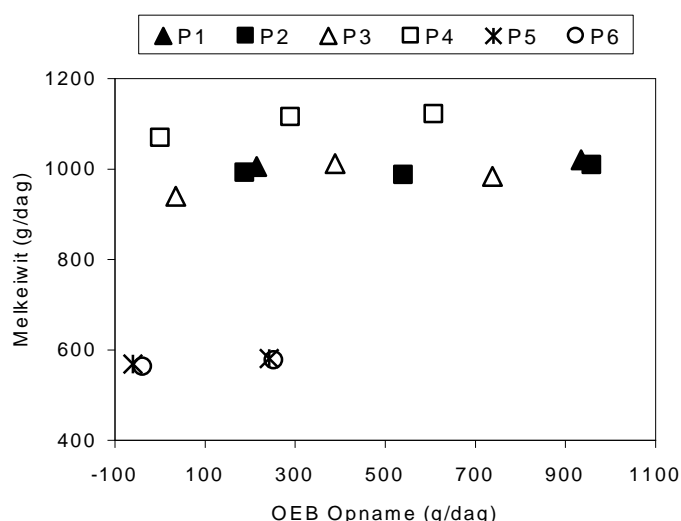
## SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP “VOEDING HERKAUWERS EN PAARDEN”

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Prof.dr.ir. S. Tamminga (voorzitter) | Wageningen Universiteit, Leerstoelgroep Diervoeding,<br>Wageningen       |
| Dr. M.C. Blok (secretaris)           | Centraal Veevoederbureau, Lelystad                                       |
| Prof.dr.ir. A.C. Beynen              | Universiteit Utrecht, Faculteit Diergeneeskunde,<br>Utrecht              |
| Dr. H. Everts                        | Universiteit Utrecht, Faculteit Diergeneeskunde,<br>Utrecht              |
| Ing. J. Haaksma                      | Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV)                        |
| Ir. F. Lenssinck                     | Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek<br>(Blgg), Oosterbeek |
| Ing. Sj. Schaper                     | Centraal Veevoederbureau, Lelystad                                       |
| Dr.ir. W.M. van Straalen             | Nevedi, Rotterdam  |
| Dr. A.M. van Vuuren                  | ID TNO Diervoeding, Lelystad   |
| Ir. R. Zom                           | Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden,<br>Lelystad               |

# 1. INLEIDING

In het Nederlandse eiwitwaarderingssysteem voor herkauwers wordt de onbestendig eiwit balans (OEB) berekend als het verschil tussen in de pens afgebroken voereiwit en in de pens gevormd microbieel eiwit dat naar de dunne darm stroomt. Daarmee geeft de OEB aan hoeveel voereiwit er in de pens verloren gaat dan wel hoeveel afbreekbaar voereiwit er in de pens tekort is. In de Nederlandse veehouderij is het minimaliseren van de eiwitstikstofverliezen bij de productie van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong van toenemend belang. Echter, omdat in de pens gevormd microbieel eiwit een belangrijke bijdrage levert aan de eiwitvoorziening van een melkkoe, mag deze niet beperkt worden door een tekort aan onbestendig eiwit. Bij het introduceren van het DVE / OEB systeem in Nederland is dan ook geadviseerd om rantsoenen voor melkvee zodanig samen te stellen dat de OEB niet negatief is, en zo dicht mogelijk bij nul ligt.

Op basis van resultaten van zes proeven met melkvee naar het effect van OEB-niveau op melkgift en melksamenstelling concludeerden Meijer e.a. (1996) dat het OEB-niveau in melkveerantsoenen minimaal 150 g/dag moet zijn. Meijer e.a. kwamen tot deze conclusie door de waargenomen tendens tot een daling in melkeiwitproductie bij OEB giften van 100 g/dag of lager (figuur 1) en op grond van resultaten van De Visser e.a. (1997).



**Figuur 1. Relatie tussen OEB-opname en melkeiwitproductie in proeven (P1 t/m P6) met melkkoeien (Meijer e.a. 1996)**

Zoals uit figuur 1 blijkt is de tendens tot dalen van de melkeiwitproductie in twee proeven (P3 en P4) waargenomen; in twee andere proeven (P5 en P6) met een lager productieniveau trad deze daling bij een  $OEB \leq 0$  niet op. Toch wordt in de praktijk vaak een positieve OEB voorgeschreven met een minimaal OEB-niveau van 200 tot 300 g/dag met het argument dat daarmee de melkproductie blijft gehandhaafd. De onduidelijkheden in minimaal benodigde OEB vormt de aanleiding voor dit rapport. In dit rapport komen de volgende onderwerpen aan de orde:

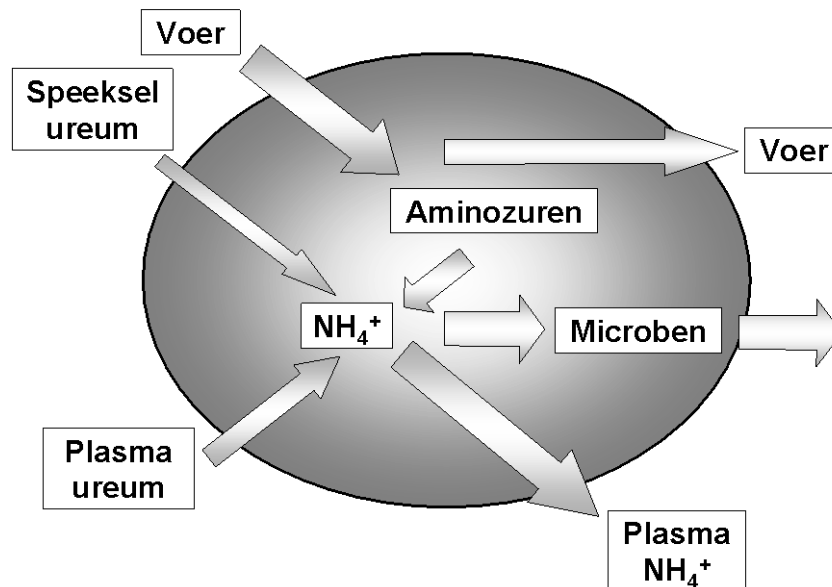
- Systematisch inzicht in de stikstofstromen die van belang zijn voor een adequate stikstofvoorziening van pensmicroben;
- Beschrijving van deze factoren en van de kwantitatieve rol die zij spelen bij de stikstofvoorziening van pensmicroben. Hierbij zal met name de recycling van stikstof naar de pens aandacht krijgen;
- Fluctuaties in stikstofvoorziening over de dag.

Naar aanleiding van de uitkomsten van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat er geen bewijzen zijn dat een OEB-waarde boven 0 een duidelijk positief effect heeft op voeropname of melk(eiwit)productie. De auteurs, en ook de betreffende CVB-werkgroep die het rapport heeft geacordeerd, zien dan ook geen aanleiding om het huidige advies dat de OEB-waarde van een rantsoen bij melkkoeien nooit negatief mag zijn, te wijzigen.



## 2. STIKSTOFSTROMEN IN DE PENS

Stikstof dat ter beschikking komt voor de pensmicroben is afkomstig uit verschillende bronnen. Deze bronnen zijn voer, speeksel en bloedplasma (Figuur 2).



**Figuur 2. Stikstofstromen in de pens**

Ureum in bloedplasma is afkomstig van ureum dat in de lever in de zogenaamde ornithinecyclus wordt gesynthetiseerd. Ammoniak vanuit de pens vormt de belangrijkste precursor voor deze ureogenese. Echter ook deaminering van aminozuren die niet gebruikt worden voor de productie van melk- of lichaamseiwit, leidt tot ureumvorming. Een melkproductie van 40 kg per dag (melkeiwitgehalte 35 g/kg), betekent een eiwitproductie van 1400 g per dag. Bij een efficiëntie van 64% betekent dit dat hiervoor ruim 2100 g DVE nodig is. Van de opgenomen DVE wordt dus ruim 750 g per dag niet gebruikt voor melkproductie, waarbij de in dit eiwit aanwezige N (125 g) grotendeels via de ornithinecyclus in de lever in ureum wordt omgezet. Ook dit draagt bij aan de toevoer van ureum naar het bloedplasma.

### 2.1 Voer

Het DVE-systeem gaat er van uit dat bij een rantsoen met OEB = 0 de stikstofaanvoer voldoende is om een productie van microbieel eiwit van gemiddeld 150 g per kg fermenteerbare organische stof te waarborgen. De stikstofaanvoer via het voer wordt in hoofdstuk 3 "Adequate stikstofvoorziening van pensbacteriën" verder behandeld.

### 2.2 Speeksel

Via het speeksel wordt ureum-N toegevoegd aan de pensinhoud. Gürtler e.a. (1989) geven aan dat speeksel van schapen 90 tot 360 mg totaal N/l bevat, waarvan 65 tot 70% in de vorm van ureum-N. In onderzoek van ID-Lelystad met melkkoeien is de ureum-N concentratie in speeksel gemeten. In een proef met 4 melkkoeien en 6 behandelingen (van Vuuren et al., 1998) werden met sponsjes speekselmonsters uit de wangholte genomen. In deze monsters is het ureumgehalte bepaald. Het gehalte aan ureum-N varieerde tussen de 55 en 160 mg ureum-N/l speeksel (A. Klop, persoonlijke medede-

ling). De gemiddelde concentratie bedroeg 102 mg ureum-N/l speeksel, met een standaardafwijking van 30 mg/l. Ook in geiten werd een lager gehalte aan ureum-N gevonden dan aangegeven door Gürtler e.a. (1989): Rai en Pandey (1979) vonden waarden van 62 tot 92 mg ureum-N/l speeksel, waarbij ureum-N 40 tot 45% van totaal-N bedroeg.

Verschillende onderzoekers vonden een rechtlijnig positief verband tussen het ureum-N-gehalte van speeksel en het ureumgehalte in bloedplasma van geiten (Rai en Pandey, 1979) en schapen (Norton et al., 1982).

De secretie van speeksel hangt sterk samen met de kauwactiviteit van herkauwers. Susmel e.a. (1991) komen voor de speekselsecretie op schattingen tussen de 10,8 tot 14,8 liter per kg droge-stofopname, waarbij de hogere speekselproductie werd gemeten op een rantsoen met een hoger gehalte aan celwanden (NDF). Valk en Beynen (2001) veronderstellen op basis van deels andere publicaties een speekselproductie van 13 liter per kg droge-stofopname. Op een rantsoen bestaande uit 6 kg hooi en 8 kg krachtvoer vonden Van Vuuren en Van Beers (1982) een secretie van 85 tot 106 l/d uit beide oorspeekselklieren. Deze speekselklieren produceren echter maar een deel van de totale hoeveelheid speeksel.

Indien we een ureum-N-gehalte veronderstellen van 100 mg ureum-N/l en een speekselproductie van 10 liter per kg opgenomen droge stof, wordt via het speeksel 1 g ureum-N per kg droge stof toegevoegd aan de pensinhoud; in OEB-termen is dat dus 6,25 g onbestendig eiwit per kg opgenomen droge stof. Bij een opname van 25 kg droge stof per dag wordt er via speeksel dus een equivalent van 156 g OEB toegevoegd aan de pensinhoud. Bedacht moet worden dat dit een voorzichtige schatting is, aangezien hierbij geen rekening is gehouden met de overige N-houdende bestanddelen in speeksel.

### **2.3 Ureumflux via de penswand**

Ureum kan gemakkelijk vanuit het bloedplasma via de penswand naar de pens diffunderen. De anaërobe bacteriën in de pens produceren slechts weinig urease bij de relatief hoge ammoniumconcentraties zoals die in de pensvloeistof voorkomen. Echter, specifieke facultatief anaërobe bacteriën die zich tegen de penswand bevinden, bezitten wel een hoge urease-activiteit (Cheng en Costerton, 1980). Doordat ureum daardoor snel wordt omgezet in ammonium ontstaat een maximale chemische gradiënt, hetgeen de diffusie van ureum naar de pensinhoud bevordert. Bovendien zou er een negatief verband bestaan tussen het ammoniumgehalte in de pens en de ureaseproductie door de pensmicroben. Dit verklaart de relatie tussen het ammoniumgehalte in de pens en het transport van ureum via de penswand (Kennedy, 1980). De variatie in ureaseproductie vormt daardoor een reguleringsmechanisme om de ammonium(stikstof)voorziening van de pensbacteriën op een minimaal niveau te handhaven.

In proeven met isotopen is de flux van ureum-N naar het maagdarmkanaal gemeten. Bij geiten werd in dergelijke proeven de flux van ureum in bloed naar ammoniak in de pens gemeten afhankelijk van de opname aan verteerbaar ruw eiwit, die varieerde van 0,6 tot 3,5 g/kg lichaamsgewicht (Obara en Shimbayashi, 1988). De flux van ureum-N via speeksel en de maagdarmwand naar het maagdarmkanaal bedroeg 115 tot 252 mg N/uur, hetgeen omgerekend naar een etmaal neerkomt op een flux van 2,8 tot 6,0 g N per dag. Er was geen effect van de eiwitopname. Bij pinken (LG 234 kg) verdween 14 tot 37 g N/d vanuit het bloed via speeksel en maagdarmwand naar het maagdarmkanaal (Bunting et al., 1989).

De toevoer van stikstof via de penswand valt ook af te leiden uit de netto flux van ureum in de poortader. In verschillende publicaties wordt bij melkkoeien een netto flux gemeld tussen -145 en -340 mmol ureum-N per uur (Tabel 1).

| Dier  | Ureum N flux, mmol per uur |         | Referentie         |
|-------|----------------------------|---------|--------------------|
|       | Minimum                    | Maximum |                    |
| Vaars | -269                       | -344    | Huntington, 1984   |
| Vaars | -200                       | -240    | Casse e.a., 1994   |
| Koe   | -145                       | -255    | McGuire e.a., 1989 |

**Tabel 1. Netto portale flux van ureum N in lacterende runderen.**

Indien we deze waarden extrapoleren naar een etmaal, bedraagt de stikstoftoevoer naar het maag-darmkanaal via de darmwand 50 tot 110 g N per dag. Deze waarden liggen hoger dan de gegevens van Bunting et al. (1989) met lichtere pinken.

Niet alle ureum-N die vanuit het plasma naar het maagdarmkanaal verdwijnt komt in de pens. In een proef met schapen kwam ongeveer 20 procent van de plasmaureumflux terecht in de pens (Nolan e.a., 1976). Bij jongvee ging van de totale portale ureumflux 35 tot 92% naar de pens (Huntington, 1989), waarbij het laagste percentage werd bereikt op een rantsoen met uitsluitend luzerne en het hoogste percentage met 78% gebroken maïs in het rantsoen (Tabel 2). Bij geiten op rantsoenen met een toenemend eiwitgehalte daalde het aandeel dat als ammoniak in de pens werd teruggevonden van 60 naar 14% van de totale ureum-N flux naar het maagdarmkanaal (Obara en Shimbayashi, 1988).

|                    | Rantsoen    |                 | SE | P-waarde |
|--------------------|-------------|-----------------|----|----------|
|                    | luzernehooi | maïszetmeelrijk |    |          |
| Portale flux       |             |                 |    |          |
| Magen (1)          | -9          | -24             | 8  | NS       |
| Darm (2)           | -18         | -2              | 5  | 0,05     |
| Totaal (1+2)       | -26         | -26             | 4  | NS       |
| Speeksel (3)       | -24         | -6              | 6  | 0,05     |
| Totaal magen (1+3) | -34         | -28             | 7  | NS       |

**Tabel 2. Netto ureum-N fluxen (omgerekend naar g/dag) bij stiertjes met een gemiddeld gewicht van 235 kg en gevoerd met 6,0 kg droge stof luzerne hooi of met 4,6 kg droge stof van een maïszetmeelrijk rantsoen (naar Huntington, 1989)**

Indien we aannemen dat in melkkoeien gemiddeld 40% van de ureumflux vanuit het bloedplasma naar het maagdarmkanaal terechtkomt in de pens, betekent dit - op basis van tabel 1 - een instroom via de penswand van 20 tot 40 g N per dag. Dit is equivalent aan een OEB-gift van 125 tot 250 g per dag.

### 2.3 Totale ureumtoevoer naar de voormagen

Het Cornell' Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) houdt rekening met een recycling van ureum via speeksel en penswand naar de pens (Russell et al., 1992). Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Ureum recycling (\% van opgenomen N)} = 121,7 - 12,01 \cdot \text{RE} + 0,3235 \cdot \text{RE}^2$$

waarin RE het ruweiwitgehalte is in % in de droge stof. Bij toepassing van deze formule, bedraagt de flux van ureum-N naar de pens via speeksel en de penswand minimaal 45 tot 75 g/d bij respectievelijk 15 tot 25 kg opgenomen droge stof. Dit minimum treedt op bij een ruweiwitgehalte in het rantsoen van 180 g/kg droge stof; bij een ruweiwitgehalte beneden of boven 180 g/kg droge stof neemt de totale flux van ureum-N volgens dit model toe. Het Cornell systeem schat dus dat via speeksel en penswand 280 tot 460 g OEB/dag de pens instroomt.

Het pensmodel van Dijkstra (1992) berekent een toevoer van ureum-N naar de pens via penswand en speeksel van ca. 35 g per dag. Dat ligt dus net onder de laagste inschatting op basis van het Cornell systeem. De formule in het Cornell systeem is echter afgeleid door extrapolatie van de relaties tussen ureumconcentraties in bloedplasma en ammoniakconcentraties in de pens en tussen ammoniakconcentraties in de pens en ruw-eiwitopname, berekend uit resultaten van proeven met vleesvee (NRC, 1985). In het betreffende rapport (NRC, 1985) wordt echter opgemerkt dat de relatie tussen ruw-eiwitopname en ureumgehalten in bloedplasma bij melkvee met een grote eiwitretentie per dag mogelijk anders is dan bij vleesvee met een relatief lagere eiwitretentie. Bij eenzelfde ruw-eiwitopname zou het ureumgehalte in bloedplasma bij melkvee lager zijn dan bij vleesvee, hetgeen ook gevolgen zal hebben voor de hoeveelheid ureum die recycled.

## 2.4 Schommelingen in ureumtoevoer over de dag

Ureumgehalten in het bloed variëren over de dag. Gustafson en Palmquist (1993) vonden ureumgehalten in serum van melkkoeien variërend van 4,5 tot 6 mmol/l. Het ureumgehalte in het bloed vertoonde een piek die ongeveer twee uur later kwam dan de piek in ammoniakgehalte van pensvloei-stof. De stijging van het ammoniakgehalte in de pens kort na het voeren wordt dus enkele uren later gevolgd door een stijging van het ureumgehalte in het bloed. Op het moment dat het ureumgehalte in het bloed stijgt, is het ammoniakgehalte in de pens al weer gedaald. Indien bij melkvee – evenals bij geiten (Rai en Pandey, 1979) en schapen (Norton et al., 1982) - de ureumtoevoer naar het maag-darmkanaal evenredig is met de plasmaconcentratie, zal de recycling van ureum-N in die periode het grootst zijn.

Een andere mogelijke oorzaak voor schommelingen in de ureumtoevoer zijn schommelingen in ongebruikte DVE. Zoals eerder opgemerkt is deze ongebruikte DVE niet alleen afkomstig van overtollig gevoerde DVE, maar hebben we bij de melkeiwitsynthese ook te maken met een onvermijdbare inefficiëntie. Daarbij wordt een deel van de opgenomen DVE omgezet in ureum-N. Schommelingen in ongebruikte DVE zouden dan mede het gevolg moeten zijn van schommelingen in melkeiwitproductie. Dit lijkt echter niet erg waarschijnlijk, omdat melkeiwitproductie de eerste 16 tot 18 uur na een melkmaal constant is (K. Stelwagen, pers. meded.) en het interval tussen twee melkmalen korter is.

### 3. ADEQUATE STIKSTOFVOORZIENING PENSACTERIËN

De stikstofvoorziening van de pensacteriëen kan op twee manieren worden benaderd. Enerzijds door na te gaan of het ammoniumgehalte in de pens hoog genoeg is voor het waarborgen van een maximale microbiële activiteit, met name de fermentatie van celwanden. Anderzijds door na te gaan of er voldoende onbestendig voereiwit beschikbaar is voor microbiële groei, met name de productie van microbieel eiwit.

#### 3.1 Ammoniakgehalte in de pens

Het ammoniakgehalte in de pens wordt vaak als maat gezien voor een adequate stikstofvoorziening voor de micro-organismen. In in vitro studies vonden Satter en Slyter (1974) geen positieve relatie tussen ammoniakgehalte en het eiwitgehalte, indien het ammoniakgehalte hoger was dan 50 mg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per liter (= 3,6 mmol/l). Dit heeft bij veel voedingsonderzoekers geleid tot de conclusie dat een ammoniakgehalte beneden 3,6 mmol/l een aanwijzing vormt voor een stikstoftekort in de pens. Anison (1975) concludeerde op basis van tracerstudies dat een ammoniakgehalte in de pens van 80 mg per liter (4,7 mmol/l) optimaal is voor microbiële groei. Ook Hoover (1986) pleit voor een minimaal ammoniakgehalte van 80 mg per liter.

Tegenover deze veel gebruikte waarde van 3,6 mmol/l als minimaal na te streven ammoniakgehalte staan echter enkele andere tegenstrijdige waarnemingen en opvattingen. Zo vonden Mehrez et al. (1977) bij schapen de hoogste verdwijningsnelheid van droge stof uit nylon zakjes bij een ammoniakgehalte in de pens van 235 mg per liter (= 13,8 mmol/l).

Pensacteriëen hebben echter een hoge affiniteit voor ammoniak, variërend van 5 tot 10  $\mu\text{mol/l}$  (Hespell, 1983). Dit betekent volgens deze auteur dat pensacteriëen bij een ammoniakgehalte van 1 mmol/l 95% van hun maximale groeisnelheid kunnen behalen.

In pensfermentatie-onderzoek met rantsoenen met een verschillende verhouding kuilgras:snijmaïssilage vonden Klop en De Visser (1994) een positieve relatie tussen OEB niveau en ammoniakgehalte in de pens. Op basis van deze relatie concludeerden deze auteurs dat een minimaal OEB niveau van 150 g/dag nodig is om een gemiddeld ammoniakgehalte van 3,6 mmol/l te handhaven.

#### 3.2 Stikstofaanbod voor pensacteriëen

Een andere benadering voor het vaststellen van een adequate stikstofvoorziening voor de pensacteriëen is er voor te zorgen dat de stikstofvoorziening in balans is met de hoeveelheid microbieel eiwit die wordt geproduceerd. In het DVE/OEB systeem wordt verondersteld dat per kg fermenteerbare organische stof (FOS) 150 g onbestendig eiwit (= 24 g N) nodig is.

In het Metabolisable Protein (MP) systeem, zoals gebruikt in het Verenigd Koninkrijk (ARFC, 1993) hangt de stikstofbehoefte voor microbieel-eiwitproductie ook af van het opnameniveau van de dieren. Zo is de eiwitproductie bij een hoog voerniveau ( $4,5 \times$  de energiebehoefte voor onderhoud) gelijk aan 11,8 g per MJ fermenteerbare metaboliseerbare energie (FME). Indien wordt aangenomen dat 1000 g FOS gelijk is aan 16,6 MJ  $\text{FME}^1$ , komt dit neer op een behoefte van 195 g onbestendig eiwit (31,2 g N) per kg FOS. De stikstofbehoefte voor de pensacteriëen is in het MP-systeem dus hoger dan in het DVE/OEB-systeem. Het verschil tussen beide systemen neemt echter af naarmate meer VOS in de pens wordt afgebroken.

In het "Cornell" Net Carbohydrate and Protein System", zoals dat is opgenomen in de NRC normen voor vleesvee (NRC, 1996), is de efficiëntie van de microbiële eiwitsynthese afhankelijk van het soort substraat en de afbraaksnelheid. De koolhydraten worden daarbij onderscheiden in suikers, zetmeel

<sup>1</sup> In deze omrekening is uitgegaan van een rantsoen met per kg DS: 900 g OS, 40 g ruw vet, 50 g BRE, 50 g BZET en 50 g fermentatieproducten en een VCoS van 75%.

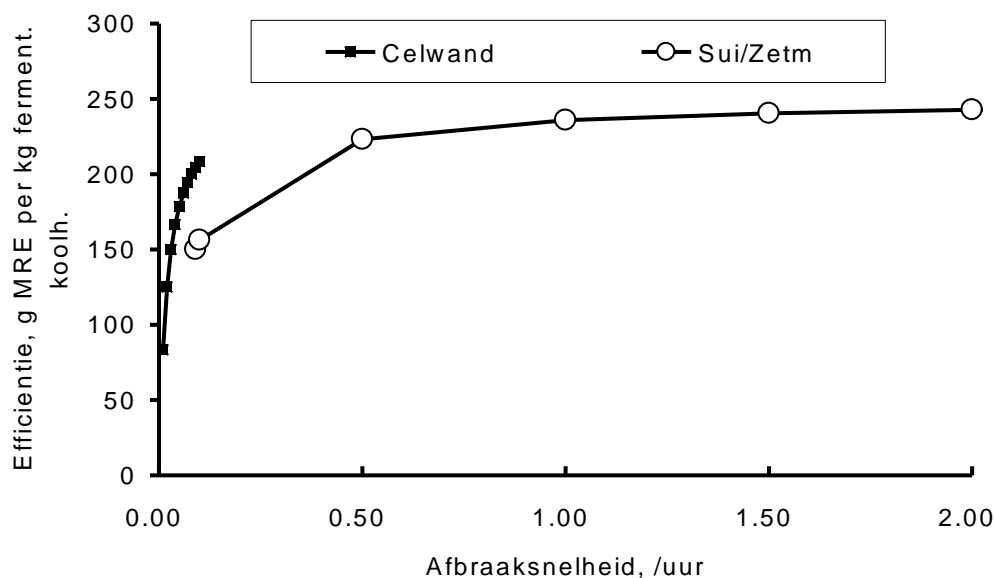
en celwanden. De efficiëntie van de microbiële eiwitsynthese op suikers en zetmeel neemt bovendien toe naarmate het rantsoen meer onbestendige peptiden bevat.

Bij een toenemende afbraaksnelheid van de koolhydraten stijgt de efficiëntie van microbiële eiwitsynthese. Zowel op structurele als op niet-structurele koolhydraten bereikt deze een maximum van ongeveer 220 g microbieel ruw eiwit per kg in de pensafbreekbare koolhydraten (figuur 3). Deze gegevens zijn grotendeels gebaseerd op *in vitro* onderzoek met continue cultures (Russell en Strobel, 1993). Daarbij is geen rekening gehouden met langere verblijfsduur van de microben als gevolg van aanhechting aan voerdeeltjes. Door de langere verblijfsduur in de pens neemt de onderhoudsbehoefte van de microben toe.

In het "CNCP"-systeem dient er dus schijnbaar meer onbestendig eiwit aanwezig te zijn, dan in het DVE/OEB –systeem. Daarbij moet echter worden bedacht dat er in het "CNCP"-systeem ook meer onbestendig eiwit aanwezig is, omdat er rekening wordt gehouden met een toestroom van ureum-N (zie 2.3).

### 3.3 Schommelingen over de dag

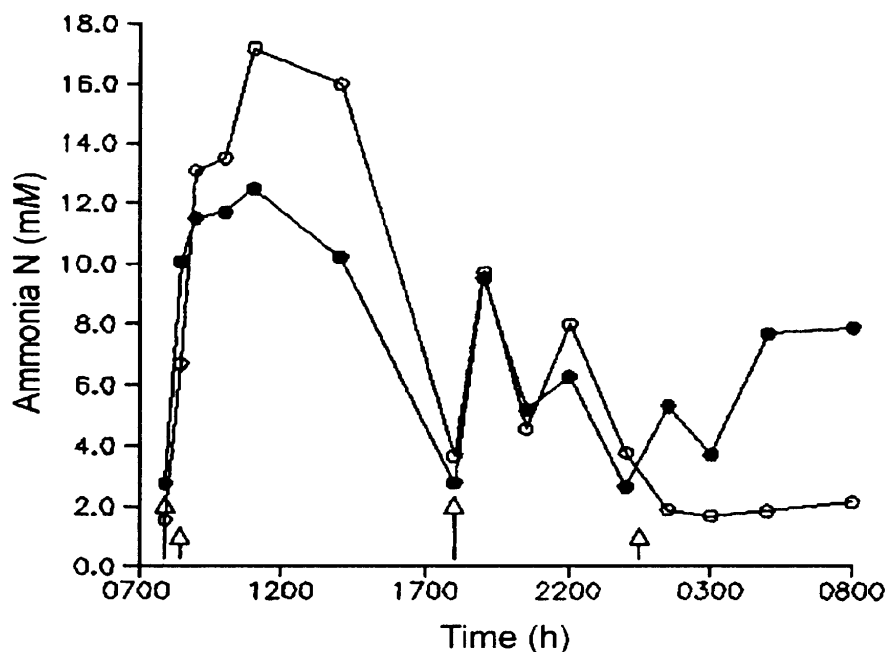
Het ammoniakgehalte in de pens kan sterk over de dag variëren in relatie tot het voeropnamepatroon. Robinson et al. (1997) vonden dat het ammoniakgehalte in de pens van koeien op een rantsoen met 190 g ruw eiwit per kg droge stof varieerde van 2 mmol/l vlak voor het voeren, tot 17 mmol/l enkele uren later (Figuur 4). In onderzoek van Kolver et al. (1998) varieerde het ammoniakgehalte tussen 6 en 18 mmol/l. In dat onderzoek kregen de dieren een rantsoen van vers gras (kropaar) aangevuld met ca. 10 kg krachtvoer, hetgeen resulteerde in een ruweiwitgehalte van 186 g per kg droge stof.



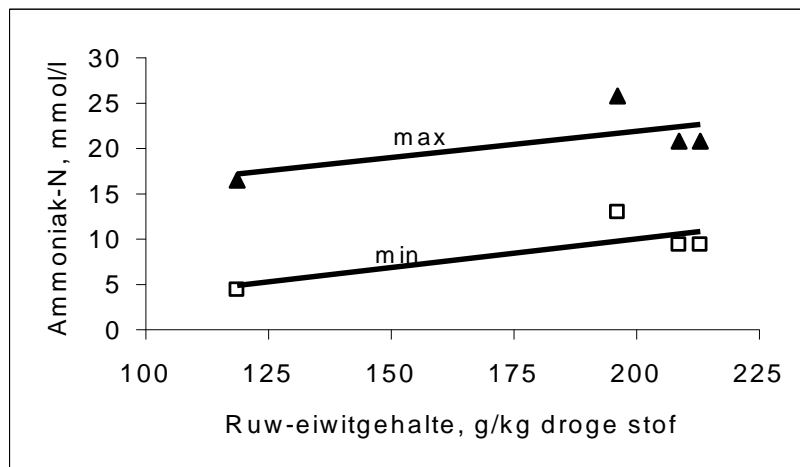
**Figuur 3. Verband tussen afbraaksnelheid en efficiëntie van microbiële eiwitsynthese volgens het Cornell Net Carbohydrate and Protein Systems (NRC, 1996).**

Bosch et al. (1991) voerden koeien graskuil van verschillende ouderdom en daardoor ook verschillende gehalten aan ruw eiwit. Het ammoniakgehalte in de pens schommelde van 4,3 mmol/l voor het voeren tot piekgehalten van 25,7 mmol/l pensvloestof enkele uren na het voeren. Op de graskuil met een lager ruw eiwitgehalte werd ook een lager ammoniakgehalte waargenomen. Deze waarnemingen suggereren dat pas bij een eiwitgehalte in het voer van 120 g per kg drogestof of lager het ammoniakgehalte in de pens een kritische waarde van 3,6 mmol N/l bereikt (Figuur 5).

De aanbeveling van Meijer e.a. om te streven naar een minimale OEB-waarde van 150 tot 300 g/dag werden ondersteund door resultaten van poortadermetingen (de Visser e.a., 1997). In dit onderzoek werd, door extrapolatie van de gemeten ammoniakfluxen in de poortader naar een ammoniakgehalte in pensvloestof van 3,6 mmol ammoniak-N/l, vastgesteld dat bij dit gehalte in de pens 1,5 mol ammoniak-N /d vanuit de pens via de poortader naar de lever gaat. Omgerekend tot OEB betekent dit een netto verlies van 131 g/d. Bij dit berekende netto verlies is echter geen rekening gehouden met de aanvoer van N via speeksel en penswand. In hoofdstuk 2 is duidelijk gemaakt dat de recycling van ureum-N dit verlies kan compenseren (Tabel 3).



Figuur 4. Verloop van ammoniakgehalte in de pens bij koeien die gevoerd werden met een gemengd rantsoen (Lange pijlen) en met een eiwit-supplement (korte pijlen), hetzij 's nachts (dichte symbolen), hetzij 's ochtends (open symbolen). Uit: Robinson et al., 1997.



**Figuur 5. Minimale en maximale ammoniakgehalten in pensvloeistof van koeien op kuilgras met een verschillend ruweiwitgehalte (Bosch, 1991).**



## 4. VOERREGIEM EN OEB-NIVEAU

In veel van de aangehaalde proeven, waarbij het verloop van het ammoniakgehalte in de pens en de productie van microbieel eiwit is gemeten, is hetzij een compleet gemengd rantsoen verstrekt dan wel zijn ruwvoer en krachtvoer vrijwel gelijktijdig verstrekt. Gezien de samenstelling van melkveerantsoenen in Nederland mag bij een dergelijk maaltijdpatroon verwacht worden dat in de eerste uren na het voeren er een redelijk goede afstemming is tussen de hoeveelheid koolhydraten die per tijdseenheid in de pens wordt afgebroken en de hoeveelheid eiwit die per tijdseenheid in de pens wordt afgebroken. Indien binnen enkele uren na het voeren een relatief tekort aan N uit onbestendig voereiwit zou optreden, lijkt de toevoer van ureum-N via speeksel en bloed - ook omdat de ureumconcentratie in bloedplasma dan gaat stijgen - voldoende als stikstofbron naast de matige hoeveelheden koolhydraten die in die periode per tijdseenheid worden afgebroken. Naarmate de OEB- en / of DVE-opname hoger is, zal – als gevolg van recycling - een voldoende aanvoer van N naar de pens gedurende een langere tijd gewaarborgd zijn. Er is dan ook fysiologisch gezien geen aanleiding om in deze situaties niet te streven naar een zo laag mogelijke positieve OEB-waarde.

In de huidige Nederlandse rundveevoedingspraktijk wordt veel aandacht besteed aan een juiste afstemming van eiwit- en koolhydraatafbraak in de pens. Daarbij wordt de hoeveelheid eiwit die in een bepaalde periode na voeropname in de pens wordt afgebroken in verhouding gebracht met de hoeveelheid koolhydraten die in dezelfde periode in de pens wordt afgebroken. Daarbij wordt een verhouding aangehouden die is afgeleid van de aanname uit het DVE-systeem, namelijk 150 g onbestendig eiwit per kg fermenteerbare organische stof. Het gebruikmaken van een dergelijke benadering betekent dat een adequate stikstofvoorziening kan worden gewaarborgd ook als de dieren al enige tijd geen OEB-rijk voer meer hebben opgenomen. Indien zowel het voer aan het voerhek als het voer in de krachtvoerautomaat volgens deze benadering worden samengesteld, komt dit neer op een OEB-niveau van 0 g/dag.

Indien de dieren het ruwvoer ad libitum verstrekt krijgen, zal eiwitrijk ruwvoer aan het voerhek in meerdere porties per dag worden opgenomen. Het dier kan daarbij 8 tot 10 maaltijden per dag nemen met gewoonlijk de grootste maaltijden 's ochtends en 's middags na het melken. Als het dier daarnaast regelmatig koolhydraatrijk krachtvoer kan opnemen, zal dit leiden tot een natuurlijke synchronisatie van eiwit- en koolhydraatafbraak. Een afstelling van de krachtvoerautomaat die is aangepast aan de ruwvoersamenstelling en het opnamedrag van de dieren zou ook een bijdrage kunnen leveren aan deze natuurlijke synchronisatie. Ook in een dergelijke situatie is er geen aanleiding om een OEB-waarde boven 0 aan te houden.

Een andere situatie kan ontstaan indien OEB-rijk ruwvoer met een grote fractie (in de pens) oplosbaar eiwit en OEB-arm krachtvoer via gescheiden voersystemen worden aangeboden, bijvoorbeeld eiwitrijk kuilgras aan het voerhek en relatief veel krachtvoer via een computergestuurde automaat. Indien het ruwvoer een hoog OEB-gehalte heeft en gestreefd wordt naar een dagrantsoen met OEB-waarde van 0, zal het krachtvoer in een dergelijke situatie een negatieve OEB-waarde bezitten en vaak een belangrijke hoeveelheid fermenteerbare koolhydraten. Wanneer de krachtvoerautomaat zodanig is geprogrammeerd dat de dieren enkele uren na de ruwvoergift flinke hoeveelheden krachtvoer rijk aan snel-fermenteerbare koolhydraten opnemen, kan bij de dieren de aanvoer van N uit afgebroken ruwvoereiwit en uit ureum-N tijdelijk onvoldoende zijn om uit de vrijgekomen energie uit koolhydraten van het krachtvoer een maximale microbiële groei te bewerkstelligen. Een dergelijke situatie zou verklaren waarom in de praktijk de indruk bestaat dat op rantsoenen met uitsluitend kuilgras als ruwvoer een hogere OEB gewenst is dan op rantsoenen met kuilgras en snijmaïs als ruwvoer. Indien deze minder gewenste situatie zich voordoet, wordt geadviseerd om in het krachtvoer voor de krachtvoerautomaat ook een OEB-waarde van 0 aan te houden. Indien het voer aan het voerhek een sterk positieve OEB heeft, betekent dit dat het rantsoen op dagbasis een OEB-waarde boven 0 zal hebben. Om dit te vermijden dient men er naar te streven dat ook het voer aan het voer-

heeft een OEB-waarde van 0 heeft, bijvoorbeeld door naast kuilgras ook maïssilage en / of perspulp te verstrekken.

Meijer e.a. (1996) adviseren voor groepsvoeding een minimale OEB-waarde van 150 tot 300 g/dag als veiligheidsmarge voor individuele verschillen in opname. Ook deze situatie waarbij enkele dieren van de koppel mogelijk relatief te weinig eiwit opnemen, kan worden vermeden door te streven naar een OEB-waarde van 0 per maaltijd.

In de winter van 2000/2001 is bij ID TNO Diervoeding pensfysiologisch onderzoek gestart om een betere grondslag te geven aan dit advies.

## 5. CONCLUSIE

In de literatuur zijn geen bewijzen gevonden dat een OEB > 0 een duidelijk positief effect heeft op voeropname of melk(eiwit)productie. Ook de proeven van Meijer e.a. (1996) zijn in dit opzicht niet overtuigend.

Op basis van literatuurgegevens is berekend dat de recycling van ureum-N via speeksel en de penswand 28 tot 45 g N/dag bedraagt. Dit is het equivalent van 175 tot 280 g OEB per dag (Tabel 3). Hieruit wordt geconcludeerd dat, dankzij de recycling van ureum, het dier in de meeste situaties voldoende mogelijkheden heeft om te zorgen voor een adequate toevoer van stikstof voor de groei van de pensmicroben.

|  | g "OEB" / dag |          |        | Referentie         |
|--|---------------|----------|--------|--------------------|
|  | Speeksel      | Penswand | Totaal |                    |
| Stier, 6 kg DS/dag                     | 90            | 90       | 175    | Huntington, 1989   |
| NCPS bij 25 kg DS/d en 180 g RE/kg DS  |               |          | 280    | Russell e.a., 1992 |
| Pensmodel 25 kg DS/d en 180 g RE/kg DS |               |          | 219    | Dijkstra, 1992     |
| Dit rapport                            | 156           | 125      | 281    |                    |

**Tabel 3. Schatting van de toevoer van N (omgerekend naar OEB) naar de voormagen via speeksel en penswand.**

Een tijdelijk tekort aan onbestendig eiwit lijkt theoretisch alleen mogelijk als ruwvoer met een hoge fractie (in de pens) oplosbaar eiwit en krachtvoer met een negatieve OEB en veel snel-fermenteerbare koolhydraten afzonderlijk en met grote tussenpozen worden opgenomen. Gestreefd moet dan ook worden naar een goede verhouding tussen snel-fermenteerbare koolhydraten en onbestendig eiwit van elke afzonderlijke maaltijd. Dit betekent dat in elke maaltijd gestreefd moet worden naar een OEB-waarde van 0. Deze strategie helpt ook om schommelingen in OEB-opname tussen dieren binnen een koppel te vermijden. Ook een gelijkmatige opname van eiwitrijk ruwvoer en koolhydraatrijk krachtvoer, verdeeld over de dag, zal bijdragen aan een betere afstemming van beschikbaar eiwit en energie voor microbiële groei.

De bevindingen in dit rapport geven geen steun aan het advies om in rantsoenen voor melkkoeien een OEB-waarde van 150 g/dag of hoger aan te houden (Meijer e.a., 1996). Er is dan ook geen aanleiding voor een wijziging in het huidige advies over de gewenste OEB-waarde. Dit advies luidt dat in rantsoenen voor melkkoeien de OEB-waarde nooit negatief mag zijn.

## 6. GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- AFRC (1993)  
*Energy and protein requirements of ruminants*. CAB Intern., Wallkingford, UK.
- Annison, E.F. (1975)  
*Microbial protein synthesis in relation to amino-acid requirements*. Tracer studies on non-protein nitrogen for ruminants 2: 141-152.
- Bosch, M.W. (1991)  
*Influence of stage of maturity of grass silages on digestion processes in dairy cows*. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Bunting, L.D., J.A. Boling en C.T. MacKown (1989)  
*Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: 1. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves*. J. Anim. Sci. 67: 810-819.
- Casse, E.A., H. Rulquin en G.B. Huntington (1994)  
*Effect of mesenteric vein infusion of propionate on splanchnic metabolism in primiparous Holstein cows*. J. Dairy Sci. 77: 3296-3303.
- Cheng, K.J. en J.W. Costerton (1980)  
*Adherent rumen bacteria - their role in the digestion of plant material, urea and epithelial cells*. In: *Digestive physiology and metabolism in ruminants* (Y. Ruckebusch en P. Thivend, eds.). MTP Press Ltd., Lancaster, UK: 227-250.
- Dijkstra J, H.D. Neal, D.E. Beever en J. France (1992)  
*Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen: model description*. J. Nutr. 122: 2239-2256.
- Gürtler, H., H.-A. Ketz, E. Kolb, L. Schröder en H. Seidel (1989)  
*Lehrbuch der Physiologie der Haustiere*, Teil 1. 5<sup>e</sup> druk. Gustav Fischer Verlag, Jena, Duitsland, 512 p.
- Gustafsson, A.H. en D.L. Palmquist (1993)  
*Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields*. J. Dairy Sci 76: 475-484.
- Hespell, R.B. (1983)  
*Influence of ammonia assimilation pathways and survival strategies on ruminal microbial growth*. In: *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics* (F.M.C. Gilchrist & R.I. Mackie, eds). Science Press, Johannesburg: 346-358.
- Hoover, W.H. (1986)  
*Chemical factors involved in ruminal fiber digestion*. J. Dairy Sci, 69:2755-2766.
- Huntington, G.B. (1984)  
*Net absorption of glucose and nitrogenous compounds by lactating Holstein cows*. J. Dairy Sci. 67: 1919-1927.
- Huntington, G.B., 1989  
*Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet*. Can. J. Anim. Sci. 69: 215-223.
- Kennedy, P.M. (1980)  
*The effects of dietary sucrose and the concentrations of plasma urea and rumen ammonia on the degradation of urea in the gastrointestinal tract of cattle*. Br. J. Nutr. 43: 125-140.

- Klop, A. en H. de Visser (1994)  
*Effect van verschillende verhoudingen grassilage:maïssilage in het rantsoen op voeropname, melkproductie, penskinetiek en mestverteerbaarheid.* Rapport ID-DLO (IVVO) nr 270, 31 pp.
- Kolver, E., L.D. Muller, G.A. Varga en T.J. Cassidy (1998).  
*Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows.* J. Dairy Sci. 81: 2017-2028.
- McGuire, M.A. D.K. Beede, M.A. DeLorenzo, C.J. Wilcox, G.B. Huntington, C.K. Reynolds and R.J. Collier (1989)  
*Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows.* J. Anim. Sci. 67: 1050-1060.
- Mehrez, A.Z., E.R. Orskov en I. McDonald (1977)  
*Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration.* Br. J. Nutr. 38: 437-443.
- Meijer, R.G.M., G.J. Remmelink en Tj. Boxem (1996)  
*OEB-niveau in melkveerantsoenen.* Publicatie 116. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad, 20 pp.
- NRC (1985)  
*Nitrogen usage in ruminants.* National Academy of Sciences, Washington DC, 138 pp.
- NRC (1996)  
*Nutrient requirements of beef cattle.* National Research Council, USDA, Washington.
- Nolan, J.V., B.W. Norton en R.A. Leng (1976)  
*Further studies of the dynamics of nitrogen metabolism in sheep.* Br. J. Nutr. 35: 127-147.
- Norton, B.W., J.B. Mackintosh en D.G. Armstrong (1982).  
*Urea synthesis and degradation in sheep given pelleted-grass diets containing flaked barley.* Br. J. Nutr. 48: 249-264.
- Obara, Y. en K. Shimbayashi (1988)  
*Quantitative aspects of appearance of re-cycled urea in the digestive tract of goats.* Japan Agric. Res. Quart. 21: 284-290.
- Rai, G.S. en M.D. Pand(1979)  
*Studies on the recycling of urea-nitrogen in the parotid saliva of goat under different levels of nitrogen intake and urea supplementation.* Indian J. Anim. Sci. 49: 361-364.
- Robinson, P.H., M. Gill and J.J. Kennelly (1997)  
*Influence of time of feeding a protein meal on ruminal fermentation and forestomach digestion.* J. Dairy Sci. 80: 1366-1373.
- Russel, J.B., J.D. O'Conner, D.G. Fox, P.J. van Soest en C.J. Sniffen (1992)  
*A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1. Ruminal fermentation.* J. Anim. Sci. 70: 3551-3561.
- Russell, J.B. en H.J. Strobel (1993)  
*Microbial energetics. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism (J.M. Forbes en J. France, eds.).* CAB Intern. , Wallingford, UK: 165-186.
- Satter, L.D. en L.L. Slyter (1974)  
*Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro.* Br. J. Nutr. 32: 199-208.

- Susmel, P., M. Spanghero, B. Stefanon, C.R. Mills en C. Cargnelutti (1991)  
*Effect of NDF concentration and physical form of fescue hay on rumen degradability, intake and rumen turn-over of cows.* Anim. Prod. 53: 305-313.
- Valk, H. en A.C. Beynen (2001)  
*Proposal for the assessment of phosphorus requirements of dairy cows* (submitted manuscript).
- Visser, H. de, H. Valk, A. Klop, J. van der Meulen, J.G.M. Bakker en G.B. Huntington (1997)  
*Nutrient fluxes in splanchnic tissue of dairy cows: influence of grass quality.* J. Dairy Sci. 80: 1666-1673.
- Vuuren, A.M. van en A. van Beers (1982)  
*A technique for quantitative measurement of parotic salivary secretion in dairy cows.* Zeitschr. Tierphysiol. Tierernahrung u. Futtermittelkunde 48: 201-205.
- van Vuuren, A. M., A. Klop en H. de Visser (1998)  
*Effect van bierbostel met of zonder citruspulp op de vertering en benutting van eiwit door melk-koeien.* ID-DLO Rapport 98.004. DLO-Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid, Lelystad, 28 p.